

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11 N° de publication : 2 749 080

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national : 96 06361

51 Int Cl<sup>6</sup> : G 01 N 21/41, G 01 N 33/22, G 02 F 1/00

12

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 22.05.96.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 28.11.97 Bulletin 97/48.

56 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule.*

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71 Demandeur(s) : SERVICES PETROLIERS  
SCHLUMBERGER SA SOCIETE ANONYME — FR.

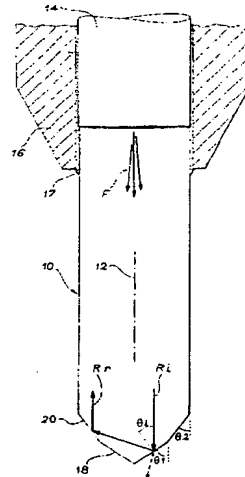
72 Inventeur(s) : DONZIER ERIC PAUL.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : SOCIETE DE PROTECTION DES  
INVENTIONS.

54 PROCEDE ET APPAREIL DE DISCRIMINATION OPTIQUE DE PHASES POUR FLUIDE TRIPHASIQUE.

57 Pour effectuer la discrimination optique des différentes phases d'un fluide triphasique, il est proposé d'injecter un faisceau lumineux (F) d'ouverture non nulle dans un bloc détecteur (10) réalisé en un matériau d'indice de réfraction supérieur à ceux des trois phases du fluide. Le bloc (10) comporte une zone sensible (18) et une zone (20) à réflexion totale telles que des rayons incidents (Ri) parallèles à l'axe (12) du bloc coupent la zone sensible (18) selon un angle d'incidence ( $\theta_i$ ) et soient renvoyés parallèlement à l'axe (12) par la zone (20) à réflexion totale. L'angle d'incidence ( $\theta_i$ ) est tel qu'une première phase soit presque totalement réfléchie, une deuxième presque totalement transmise et une troisième partiellement réfléchie et partiellement transmise.



FR 2 749 080 - A1



PROCEDE ET APPAREIL DE DISCRIMINATION OPTIQUE DE PHASES  
POUR FLUIDE TRIPHASIQUE

DESCRIPTION

5

Domaine technique

L'invention concerne un procédé de discrimination optique de phases dans un fluide triphasique en mouvement contenant deux premières phases, par exemple liquides, d'indices de réfraction voisins et une  
10 troisième phase, par exemple gazeuse, d'indice de réfraction sensiblement différent.

L'invention concerne également un appareil mettant en oeuvre ce procédé.

15

Le procédé et l'appareil selon l'invention peuvent être utilisés dans tous les cas où l'on souhaite procéder à la discrimination des trois phases d'un fluide en déplacement. Une application privilégiée concerne l'industrie pétrolière, dans laquelle on  
20 trouve fréquemment dans le même fluide, en provenance d'un gisement souterrain, un mélange de pétrole liquide, d'eau et de gaz.

Etat de la technique

25

Dans l'industrie pétrolière, une connaissance aussi précise que possible de la fraction du pétrole liquide dans l'effluent d'un puits constitue une information essentielle, aussi bien lors des phases d'essai de production que lors de l'exploitation du  
30 gisement.

Dans la pratique, cette connaissance est toutefois très difficile à acquérir de façon précise, notamment parce que le fluide extrait par un puits

comprend généralement trois composants (le pétrole liquide mélangé à de l'eau et à du gaz) qui forment trois phases distinctes, au-dessus d'une certaine profondeur.

5 Or, s'il existe différentes techniques permettant de distinguer deux phases contenues dans un fluide, la présence de trois phases nécessite actuellement l'utilisation simultanée de deux détecteurs. Cela conduit à un appareillage relativement complexe et se  
10 traduit par une mesure de la fraction de pétrole contenu dans le liquide entachée d'une erreur relativement importante. En effet, l'une des sondes distingue par exemple la phase gazeuse des phases liquides alors que l'autre sonde distingue l'une des phases liquides  
15 (généralement l'eau) de l'ensemble formé par l'autre phase liquide et la phase gazeuse. L'erreur inhérente à la mesure est donc sensiblement augmentée lorsque la fraction de pétrole présente dans le liquide est calculée à partir des deux fractions mesurées.

20 Une illustration de cet état actuel de la technique est donnée par le document EP-A-0 508 894 dans lequel une sonde optique et une sonde radiofréquence sont regroupées dans un même détecteur.

La présence de deux sondes différentes dans  
25 un même détecteur a aussi pour inconvénient de situer inévitablement les zones sensibles des deux sondes en des emplacements différents. Cela est d'autant plus vrai lorsque les deux sondes ne sont pas intégrées dans un même détecteur, comme cela arrive fréquemment. La  
30 zone sensible de chacune des sondes peut alors être en présence d'une phase différente du fluide, de telle sorte que l'interprétation des résultats est particulièrement délicate. Cela constitue une autre source

d'erreur qui s'ajoute à la précédente pour rendre les mesures imprécises.

Dans le cas particulier où la discrimination de phases s'effectue notamment au moyen d'une sonde optique, celle-ci est généralement constituée par l'extrémité conique d'une fibre optique en silice, comme l'illustre également le document EP-A- 0 508 894. Compte tenu de l'indice de réfraction de la silice (environ 1,46) et des indices de réfraction du gaz (environ 1), de l'eau (environ 1,33) et du pétrole liquide (environ 1,5), l'angle de l'extrémité conique est calculé pour que tout le faisceau lumineux incident soit réfléchi sur la surface d'extrémité de la fibre lorsque cette surface se trouve dans le gaz, alors qu'au contraire il n'existe pratiquement aucune réflexion de ce faisceau lorsque la surface d'extrémité de la fibre se trouve dans l'eau ou dans le pétrole liquide.

Une sonde optique classique réalisée de cette manière assure donc une bonne discrimination entre le gaz et les phases liquides du fluide, mais ne permet en rien de distinguer entre elles ces phases liquides.

#### 25 Exposé de l'invention

L'invention a précisément pour objet un procédé et un appareil permettant de discriminer directement à l'aide d'une sonde optique unique les trois phases d'un fluide triphasique tel qu'un fluide contenant un gaz, de l'eau et du pétrole liquide.

Conformément à l'invention, ce résultat est obtenu au moyen d'un procédé de discrimination optique de phases dans un fluide multiphasique en mouvement

pouvant contenir une première et une deuxième phases d'indices de réfraction voisins et une troisième phase d'indice de réfraction sensiblement différent, caractérisé par le fait qu'il consiste à :

- 5 - placer dans le fluide une zone sensible d'un bloc détecteur en un matériau d'indice de réfraction supérieur à ceux des trois phases du fluide ; et
- injecter dans le bloc un faisceau lumineux incident, d'ouverture telle que la fraction réfléchie par la zone sensible soit respectivement forte, moyenne ou  
10 faible, selon la phase en contact avec la zone sensible.

Les expressions "forte", "moyenne" et "faible" désignent ici, ainsi que dans l'ensemble du  
15 texte, des fractions réfléchies qui ne se recouvrent pas et sont, par exemple, supérieure à 70 %, comprise entre 30 et 65 % et inférieure à 20 %, respectivement.

Une application privilégiée concerne le cas où le fluide multiphasique peut contenir de l'eau, du  
20 pétrole et du gaz, dont les indices de réfraction respectifs sont voisins de 1,33 de 1,5 et de 1. Dans ce cas, l'indice de réfraction du matériau dans lequel est réalisé le bloc détecteur est supérieur à 1,5.

Dans une forme de réalisation préféren-  
25 tielle, dans lequel les indices de réfraction diminuent de la première à la troisième phases, le procédé consiste à :

- placer dans le fluide une zone sensible et une zone à réflexion totale voisines et coaxiales d'un bloc  
30 détecteur en un matériau d'indice de réfraction supérieur à ceux des trois phases du fluide, la zone sensible et la zone à réflexion totale formant respecti-

vement un premier et un deuxième angles  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  avec leur axe commun ;

- 5 - injecter dans le bloc un faisceau lumineux incident, d'ouverture non nulle, centré sur ledit axe commun, le premier et le deuxième angles  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  étant tels que des rayons de ce faisceau, initialement parallèles à l'axe commun, aient au moins une incidence sur la zone sensible selon un angle d'incidence  $\theta_i$  intermédiaire entre deux angles de réflexion limite  
10 du matériau, définis respectivement en présence de la première et de la deuxième phases du fluide, et soient réfléchis au moins une fois par la zone à réflexion totale, pour revenir en sens inverse parallèlement audit axe commun; et
- 15 - mesurer une fraction du faisceau incident réfléchi par lesdites zones, la mesure d'une fraction réfléchie relativement élevée, moyenne et relativement faible du faisceau incident indiquant respectivement la présence de la troisième phase, de la deuxième  
20 phase et de la première phase du fluide, sur la zone sensible du bloc détecteur.

Conformément à l'invention, le trajet optique suivi par le faisceau lumineux incident est donc tel qu'un rayon central de ce faisceau ait au moins une  
25 incidence sur la zone sensible selon l'angle d'incidence  $\theta_i$ . Compte tenu de la valeur particulière donnée à cet angle d'incidence  $\theta_i$  et de l'ouverture du faisceau lumineux incident, environ la moitié de ce faisceau est réfléchi par la zone sensible lorsque  
30 celle-ci est située dans la deuxième phase, alors que la fraction réfléchi est proche de 0 lorsque la zone sensible se trouve dans la première phase. Etant donné

que la zone sensible réfléchit par ailleurs pratiquement la totalité du faisceau incident lorsque cette zone se trouve dans la troisième phase du fluide, il est donc possible de distinguer directement les trois phases du fluide en une seule opération.

Il est à noter que cette mesure est également rendue possible par le fait que l'indice de réfraction du matériau dans lequel est réalisé le bloc détecteur est supérieur aux indices des trois phases du fluide et par le fait que l'angle  $\theta_2$  de la zone à réflexion totale de ce bloc détecteur assure le retour de la fraction du faisceau lumineux renvoyé par la zone sensible parallèlement à l'axe commun aux deux zones du bloc détecteur. Plus précisément, les angles  $\theta_1$  et  $\theta_2$  formés par chacune des deux zones par rapport à leur axe commun sont déterminés en fonction de l'indice de réfraction du matériau du bloc détecteur, afin d'obtenir l'angle d'incidence  $\theta_i$  recherché et d'assurer le retour de la fraction réfléchie du faisceau lumineux après que le faisceau incident ait heurté au moins une fois chacune des deux zones pour s'y réfléchir.

Dans le trajet lumineux ainsi défini, il suffit que l'axe optique du faisceau coupe au moins une fois la zone sensible selon l'angle d'incidence  $\theta_i$  et que tous les autres angles d'incidence sur l'une ou l'autre des zones assurent une réflexion totale du faisceau quelle que soit la phase du fluide dans laquelle se trouve la zone sensible pour qu'un fonctionnement correct soit assuré.

Dans une forme de réalisation préférentielle de l'invention, afin d'obtenir directement une mesure de la fraction de la première phase du fluide contenue dans l'ensemble constitué par la première et

la deuxième phases, indépendamment de la fraction de la troisième phase contenue dans le fluide :

- 5 - on compare une fraction réfléchie mesurée à un premier seuil, intermédiaire entre des fractions réfléchies moyenne et relativement faible, pour émettre en continu un premier signal binaire représentatif de la première phase ;
- 10 - on compare la fraction réfléchie mesurée à un deuxième seuil, intermédiaire entre des fractions réfléchies relativement élevée et moyenne, pour émettre en continu un deuxième signal binaire dont le niveau zéro est représentatif de la troisième phase ;  
et
- 15 - on calcule la valeur moyenne du produit des premier et deuxième signaux binaires, représentative de la proportion de la première phase dans les première et deuxième phase.

20 Dans une forme de réalisation préférentielle de l'invention, on injecte dans le bloc détecteur un faisceau lumineux incident d'ouverture non nulle en raccordant ce bloc détecteur sur une fibre optique présentant une ouverture numérique non nulle.

25 Avantageusement, on choisit le matériau du bloc détecteur dans un groupe comprenant le diamant et le saphir, en tenant compte à la fois des indices de réfraction de ces matériaux et de leurs bonnes caractéristiques mécaniques et chimiques.

30 Dans une application préférentielle de l'invention à la discrimination de gaz, d'eau et de pétrole dans un fluide, on peut alors utiliser un bloc détecteur en diamant comportant une zone sensible centrale et une zone à réflexion totale périphérique, qui forment respectivement avec leur axe commun un premier



angle  $\theta_1$  (par exemple d'environ  $55^\circ$ ) et un deuxième angle  $\theta_2$  (par exemple d'environ  $35^\circ$ ) tels que la fraction réfléchie du faisceau incident ait subi une seule réflexion sur la zone sensible et une seule réflexion sur la zone à réflexion totale.

Dans cette même application, on peut aussi utiliser un bloc détecteur en diamant, comportant une zone sensible centrale et une zone à réflexion totale périphérique, qui forment respectivement avec leur axe commun un premier angle  $\theta_1$  (par exemple d'environ  $54,5^\circ$ ) et un deuxième angle  $\theta_2$  (par exemple d'environ  $19^\circ$ ) tels que la fraction réfléchie du faisceau incident ait subi une seule réflexion sur la zone à réflexion totale et deux réflexions sur la zone sensible.

La discrimination de gaz, d'eau et de pétrole dans un fluide, peut encore être effectuée en utilisant un bloc détecteur en saphir, comportant une zone sensible centrale et une zone à réflexion totale périphérique, qui forment respectivement avec leur axe commun un premier angle  $\theta_1$  (par exemple d'environ  $52^\circ$ ) et un deuxième angle  $\theta_2$  (par exemple d'environ  $7^\circ$ ) tels que la fraction réfléchie du faisceau incident ait subi deux réflexions sur la zone à réflexion totale et deux réflexions sur la zone sensible.

Dans tous les cas, la zone sensible du bloc détecteur présente autant que possible un diamètre maximal au plus égal à une dimension minimale de bulles formées par les différentes phases du fluide.

L'invention a aussi pour objet un appareil de discrimination de phases dans un fluide multiphasique en mouvement, pouvant contenir une première et une

deuxième phases d'indices de réfraction voisins et une troisième phase d'indice de réfraction sensiblement différent, les indices de réfraction ( $n_1, n_2, n_3$ ) diminuant de la première à la troisième phases, caractérisé par le fait qu'il comprend :

- un bloc détecteur en un matériau d'indice de réfraction supérieur à ceux des trois phases du fluide, comportant une zone sensible ; et
- des moyens pour injecter dans le bloc détecteur un faisceau lumineux incident, d'ouverture telle que la fraction réfléchiée par la zone sensible soit respectivement forte, moyenne ou faible, selon la phase en contact avec la zone sensible.

#### 15 Brève description des dessins

On décrira à présent, à titre d'exemples non limitatifs, différentes formes de réalisation de l'invention, en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :

20 - la figure 1 est une vue en coupe longitudinale très agrandie illustrant une première forme de réalisation d'un bloc détecteur en diamant conforme à l'invention, monté à l'extrémité d'une fibre optique et dont l'extrémité est conformée de telle sorte qu'un faisceau lumineux incident soit renvoyé au moins en partie vers la fibre optique après une incidence sur la zone sensible et une incidence sur la zone à réflexion totale ;

30 - la figure 2 est une vue comparable à la figure 1 représentant en coupe longitudinale l'extrémité d'un bloc détecteur en diamant selon une deuxième forme de réalisation de l'invention, dans laquelle un faisceau lumineux incident est renvoyé au moins en par-

tie vers la fibre optique après une incidence sur la zone à réflexion totale et deux incidences sur la zone sensible ;

- la figure 3 est une vue en coupe longitudinale comparable aux figures 1 et 2 illustrant une troisième forme de réalisation de l'invention dans laquelle un bloc détecteur en saphir présente une extrémité conformée de telle sorte qu'un faisceau lumineux incident soit renvoyé après une première incidence sur la zone à réflexion totale, deux incidences sur la zone sensible et une deuxième incidence sur la zone à réflexion totale ;

- la figure 4 représente la réponse statique d'un bloc détecteur en saphir tel qu'illustré sur la figure 3, c'est-à-dire l'évolution de la fraction réfléchie du faisceau incident (en %) en fonction de l'indice de réfraction  $n$  du fluide dans lequel se trouve la zone sensible ;

- la figure 5 est un schéma qui représente un appareil de discrimination optique conforme à l'invention dont le bloc détecteur est placé dans un puits dans lequel s'écoule un fluide triphasique en mouvement ; et

- la figure 6 représente un exemple de signal analogique  $S$ , susceptible d'alimenter les comparateurs dans l'appareil de la figure 5, lorsque la phase dans laquelle se trouve la zone sensible évolue au cours du temps  $t$ .

### Exposé détaillé de formes de réalisation préférentielles

Les figures 1 à 3 illustrent trois formes de réalisation différentes d'un bloc détecteur 10 sus-

ceptible d'être utilisé dans un appareil de discrimination optique conforme à l'invention.

Le bloc détecteur 10 est prévu pour être placé dans un fluide triphasique en mouvement, afin de permettre la discrimination optique des trois phases de ce fluide en une seule opération. Plus précisément, l'invention s'applique à un fluide triphasique en mouvement contenant une première et une deuxième phases, généralement liquides, d'indices de réfraction  $n_1$ ,  $n_2$  voisins et une troisième phase, généralement gazeuse, d'indice de réfraction  $n_3$  sensiblement différent, les indices  $n_1$ ,  $n_2$  et  $n_3$  diminuant de la première à la troisième phases. Comme on le verra par la suite, une application privilégiée concerne un fluide dont les deux phases liquides sont respectivement de l'eau et du pétrole.

Le bloc détecteur 10 est réalisé en un matériau capable d'assurer une bonne transmission des rayons lumineux et dont l'indice de réfraction  $n_0$  est aussi élevé que possible afin d'être supérieur à chacun des indices  $n_1$ ,  $n_2$  et  $n_3$  des trois phases du fluide. Le matériau dans lequel est réalisé le bloc détecteur 10 peut également être choisi pour tenir compte de l'environnement dans lequel il doit se trouver lors de son utilisation, par exemple le caractère corrosif éventuel de cet environnement. Enfin, la facilité d'usinage et le prix peuvent aussi constituer des critères de choix du matériau du bloc détecteur.

Dans la pratique, le bloc détecteur 10 est réalisé avantageusement en saphir, en rubis ou en diamant. Dans les formes de réalisation illustrées sur les figures 1 et 2, on utilise un bloc détecteur en diamant d'indice de réfraction environ 2,4. Dans la

forme de réalisation de la figure 3, le choix du matériau constituant le bloc détecteur 10 s'est porté sur du saphir, d'indice de réfraction environ 1,76.

Le bloc détecteur 10 est constitué par un  
5 barreau cylindrique (cas du saphir) ou à facettes (cas du diamant) présentant un axe longitudinal 12. La section du barreau peut varier selon l'application envisagée. Toutefois, cette section est généralement voisine de celle de la fibre optique 14 à l'extrémité  
10 de laquelle est monté le bloc détecteur 10.

Comme on l'a illustré sur la figure 1, les faces d'extrémité en contact de la fibre optique 14 et du bloc détecteur 10 sont généralement planes et orientées radialement par rapport à l'axe longitudinal  
15 12. Comme on le verra ultérieurement, d'autres géométries sont toutefois possibles, sans sortir du cadre de l'invention.

Le montage du bloc détecteur 10 à l'extrémité de la fibre optique 14 peut notamment être  
20 effectué au moyen d'un tube métallique 16, par exemple en acier inoxydable. Plus précisément, les extrémités adjacentes du bloc détecteur 10 et de la fibre optique 14 sont alors collées l'une à l'autre, ainsi qu'au tube 16, au moyen d'un film de colle 17.

Dans les trois formes de réalisation de l'invention illustrées sur les figures 1 à 3, l'extrémité du bloc détecteur 10 opposée à la fibre optique 14 a une forme en pointe biconique centrée sur l'axe longitudinal 12. Plus précisément, cette  
25 extrémité comporte une zone d'extrémité sensible 18 en forme de cône, qui forme avec l'axe 12 un angle  $\theta_1$ , et une zone 20 à réflexion totale, adjacente à la zone sensible 18 et en forme de tronc de cône, qui forme  
30

avec l'axe 12 un angle  $\theta_2$ . L'axe 12 constitue ainsi un axe commun aux zones 18 et 20.

Il est à noter que les formes coniques et tronconiques des zones 18 et 20 peuvent être continues ou constituées de facettes, notamment lorsque le bloc détecteur 10 est réalisé en diamant.

Dans tous les cas, l'angle  $\theta_1$  formé par la zone sensible 18 avec l'axe 12, est supérieur à l'angle  $\theta_2$  formé par la zone 20 à réflexion totale par rapport au même axe 12.

Dans la forme de réalisation illustrée sur la figure 1, l'angle  $\theta_1$  est déterminé afin que des rayons lumineux incidents tels que le rayon  $R_i$ , orientés parallèlement à l'axe 12 arrivent directement sur la zone sensible 18 selon un angle d'incidence  $\theta_i$  bien déterminé.

Plus précisément, cet angle d'incidence  $\theta_i$  est choisi en tenant compte de l'indice de réfraction  $n_C$  du matériau dans lequel est formé le bloc détecteur 10, afin d'avoir une valeur intermédiaire entre l'angle de réflexion limite du matériau considéré lorsqu'il est en contact avec la première phase liquide du fluide d'indice de réfraction  $n_1$  et l'angle de réflexion limite de ce même matériau lorsqu'il est en contact avec la deuxième phase liquide du fluide d'indice de réfraction  $n_2$ .

Ainsi, dans la forme de réalisation illustrée sur la figure 1 dans laquelle le bloc détecteur 10 est réalisé en diamant et appliqué à la discrimination de pétrole liquide, d'eau et de gaz, dont les indices de réfraction moyens sont respectivement d'environ 1,5, environ 1,33 et environ

1, les angles de réflexion limite correspondants dans le pétrole liquide et dans l'eau sont respectivement de  $38^\circ$  et  $33^\circ$ . On donne alors à l'angle d'incidence  $\theta_i$  une valeur intermédiaire, par exemple de  $35^\circ$ .

5 Dans la forme de réalisation de la figure 1, cette valeur de l'angle d'incidence  $\theta_i$  permet de calculer directement la valeur de l'angle  $\theta_1$  formé par la zone sensible 18 avec l'axe 12. Cette valeur de l'angle  $\theta_1$  est ici de  $55^\circ$ .

10 L'angle  $\theta_2$  formé par la zone 20 à réflexion totale avec l'axe longitudinal 12 est ensuite déterminé afin que les fractions des rayons incidents  $R_i$  parallèles à l'axe 12, réfléchies par la zone sensible 18 arrivent sur la zone 20 à réflexion totale selon un  
15 angle d'incidence tel que ces fractions soient totalement réfléchies sur cette zone 20 et renvoyées vers la fibre optique 14 parallèlement à l'axe 12, comme l'illustre le rayon  $R_r$  sur la figure 1.

Compte tenu des valeurs numériques de  
20 l'angle  $\theta_i$  ( $35^\circ$ ) et de l'angle  $\theta_1$  ( $55^\circ$ ) données précédemment, cela conduit à donner à l'angle  $\theta_2$  une valeur de  $35^\circ$  dans la forme de réalisation de la figure 1.

Il est à noter que les valeurs des angles  
25  $\theta_1$  et  $\theta_2$  ainsi déterminées permettent aux rayons incidents qui se réfléchissent d'abord sur la zone 20 à réflexion totale de parvenir à la zone sensible 18 selon le même angle d'incidence  $\theta_i$ , en suivant un chemin inverse de celui des rayons  $R_i$  et  $R_r$  sur la  
30 figure 1.

Afin d'assurer une réponse aussi précise que possible de l'appareil, on évite que la zone

sensible 18 puisse être simultanément en contact avec plusieurs phases du fluide, en dehors des périodes de transition entre deux phases. Pour cela, on donne de préférence à la zone sensible 18 un diamètre maximal au plus égal à la dimension minimale des bulles formées par les différentes phases du fluide dans lequel on effectue la détection. Dans la pratique, cela conduit à donner à la zone sensible 18 un diamètre maximal inférieur à 100  $\mu\text{m}$ . Par ailleurs, et uniquement à titre d'exemple, le diamètre du bloc détecteur 10 peut être le triple de celui de la zone sensible 18.

Afin que l'appareil puisse distinguer les trois phases du fluide dans lequel se trouve la zone sensible 18, on injecte dans le bloc détecteur 10, par l'intermédiaire de la fibre optique 14, un faisceau lumineux d'ouverture non nulle comme le symbolisent les flèches F sur la figure 1. Ce faisceau F d'ouverture non nulle, centré sur l'axe longitudinal 12, peut notamment être obtenu en utilisant une fibre optique 14 présentant elle-même une ouverture numérique appropriée (non nulle).

L'influence de l'ouverture du faisceau lumineux sur la possibilité de distinguer les trois phases du fluide va à présent être expliquée en se référant à la figure 4.

Sur cette figure, on a représenté la courbe de variation de la fraction réfléchie du faisceau lumineux incident (en %), en fonction de l'indice de réfraction  $n$  de la phase du fluide dans laquelle se trouve la zone sensible 18. On voit que la fraction réfléchie du faisceau passe d'une valeur proche de 100 % à une valeur proche de zéro lorsque l'indice de réfraction augmente. La pente de la région



intermédiaire de la courbe, dans laquelle la fraction réfléchie diminue progressivement lorsque l'indice augmente, est directement fonction de l'ouverture du faisceau incident. Plus précisément, la pente de cette  
5 région intermédiaire augmente lorsque l'ouverture du faisceau diminue, et inversement. En donnant à cette pente une valeur intermédiaire, comme l'illustre la figure 4, on comprend que la fraction réfléchie du faisceau incident permet de distinguer une phase  
10 d'indice de réfraction intermédiaire (zone A2) d'une phase d'indice plus élevé (zone A3) et d'une phase d'indice plus faible (zone A1).

Lorsque l'ouverture du faisceau incident est obtenue en utilisant une fibre optique  
15 d'ouverture numérique appropriée, on peut donner par exemple à cette ouverture numérique une valeur proche de 0,22.

En variante, l'ouverture non nulle du faisceau lumineux incident peut être obtenue en  
20 interposant un dispositif optique tel qu'une lentille entre les extrémités en vis-à-vis de la fibre optique et du bloc détecteur 10, ou en donnant à ces extrémités une forme sphérique permettant d'obtenir l'ouverture désirée du faisceau.

25 Du fait de l'ouverture du faisceau incident, les rayons incidents qui atteignent directement la zone sensible 18 forment avec cette dernière un angle d'incidence qui peut être légèrement inférieur ou légèrement supérieur à l'angle d'incidence  
30 moyen  $\theta_i$  choisi pour les rayons incidents  $R_i$  orientés parallèlement à l'axe 12. Compte tenu du choix de cet angle  $\theta_i$  indiqué précédemment, cela a pour conséquence que la quasi totalité des rayons du faisceau incident

sont transmis par la zone sensible 18 lorsque cette dernière se trouve dans la première phase du fluide d'indice de réfraction le plus élevé, c'est-à-dire dans le pétrole liquide dans l'application considérée. Au contraire, lorsque le faisceau lumineux incident atteint la zone sensible 18 lorsque celle-ci se trouve dans la deuxième phase du fluide, d'indice de réfraction intermédiaire, c'est-à-dire dans l'eau dans l'application considérée, des fractions d'importances sensiblement égales sont respectivement transmise et réfléchi par cette zone sensible. Enfin, dans le cas où la zone sensible se trouve dans la troisième phase du fluide, d'indice de réfraction le plus faible, c'est-à-dire dans le gaz dans l'application considérée, pratiquement tout le faisceau lumineux incident est réfléchi par cette zone sensible.

Etant donné que les fractions réfléchies du faisceau lumineux incident sont totalement renvoyées vers la fibre optique par la zone 20 à réflexion totale, on distingue ainsi les trois phases du fluide selon que la fraction réfléchi est très faible (présence de pétrole liquide), moyenne (présence d'eau) ou très élevée (présence de gaz).

On voit en particulier sur la courbe de la figure 4 que la présence de pétrole liquide, d'indice de réfraction généralement voisin de 1,5 (zone A3) se traduit par une fraction réfléchi toujours inférieure à 20 %, alors que la présence d'eau, d'indice de réfraction compris entre 1,3 et 1,4 (zone A2) conduit à une fraction réfléchi comprise entre environ 30 et 65 %. En ce qui concerne le gaz, il est toujours distingué aisément du fait que son indice de réfraction

très proche de 1 (zone A1) se traduit par une fraction réfléchie pratiquement de 100 %.

Sur la figure 2, on a illustré une deuxième forme de réalisation du bloc détecteur 10, qui se distingue essentiellement de la première forme de réalisation décrite par le fait que les angles  $\theta_1$  et  $\theta_2$  formés respectivement par la zone sensible 18 et par la zone 20 à réflexion totale par rapport à leur axe longitudinal commun 12 permettent d'obtenir l'angle d'incidence  $\theta_i$  désiré sur la zone sensible 18, après qu'un rayon incident tel que le rayon  $R_i$  parallèle à l'axe 12 ait atteint successivement auparavant la zone 20 à réflexion totale puis une première fois la zone sensible 18 en se réfléchissant à chaque fois totalement, quelle que soit la phase du fluide dans laquelle se trouve la zone sensible. Au contraire, lorsque les rayons atteignent pour la deuxième fois la zone sensible 18 avec l'angle d'incidence  $\theta_i$  désiré, la fraction réfléchie est renvoyée vers la fibre optique parallèlement à l'axe 12, comme on l'a illustré en  $R_r$  sur la figure 2.

Il est à noter que, comme dans la première forme de réalisation illustrée sur la figure 1, le chemin optique inverse peut être suivi par les rayons lumineux. En d'autres termes, les rayons incidents parallèles à l'axe 12 qui atteignent directement la zone sensible 18 le font selon l'angle d'incidence  $\theta_i$  et la fraction réfléchie de ces rayons incidents est renvoyée par la fibre optique parallèlement à l'axe 12 après avoir atteint ensuite successivement une deuxième fois la zone sensible 18 et une fois la zone 20 à réflexion totale avec des angles d'incidence tels que la réflexion totale des rayons soit assurée dans les

deux cas, quelle que soit la phase du fluide dans laquelle se trouve le bloc détecteur.

Dans le cas où le bloc détecteur 10 est réalisé en diamant et où les trois phases du fluide sont respectivement du pétrole liquide, de l'eau et du gaz, l'angle d'incidence  $\theta_i$  peut être choisi égal à environ  $35^\circ$  comme dans la première forme de réalisation décrite. Dans le cas de la figure 2, on a donné à cet angle  $\theta_i$  la valeur de  $35,5^\circ$ , ce qui conduit à donner à l'angle  $\theta_1$  formé par la zone sensible 18 par rapport à l'axe 12 une valeur de  $54,5^\circ$ . Compte tenu de la réflexion intermédiaire de la fraction réfléchie du faisceau à nouveau sur la zone sensible 18, cela conduit à donner à l'angle  $\theta_2$  formé par la zone 20 à réflexion totale avec l'axe 12 une valeur de  $19^\circ$ .

Le fonctionnement d'un appareil équipé d'un bloc détecteur 10 tel qu'illustré sur la figure 2 est par ailleurs comparable à celui d'un appareil équipé du bloc détecteur de la figure 1. En particulier, l'injection dans ce bloc d'un faisceau lumineux incident d'ouverture non nulle permet de distinguer les trois phases en présence par le fait que la fraction du faisceau incident réfléchie par les zones 18 et 20 est différente selon que la zone sensible 18 se trouve en présence de l'une ou l'autre des trois phases du fluide.

Dans une troisième forme de réalisation de l'invention illustrée sur la figure 3, seule la partie du faisceau lumineux incident qui atteint en premier lieu la zone 20 à réflexion totale est utilisée pour effectuer la mesure. Plus précisément, le chemin optique des rayons servant à effectuer la mesure est totalement symétrique par rapport à un plan contenant

l'axe longitudinal 12 du bloc détecteur 10. Ainsi, les angles  $\theta_1$  et  $\theta_2$  formés respectivement par la zone sensible 18 et par la zone 20 à réflexion totale avec l'axe 12 sont déterminés de telle sorte que les rayons incidents, tels que le rayon  $R_i$ , qui atteignent la zone à réflexion totale soient réfléchis sur la zone sensible 18 de façon à parvenir sur celle-ci selon l'angle d'incidence  $\theta_i$  désiré. La fraction réfléchie par cette zone sensible est ensuite renvoyée selon une direction normale à l'axe 12 pour atteindre à nouveau la zone sensible 18 selon le même angle d'incidence  $\theta_i$ , avant d'être renvoyée en partie vers la zone 20 à réflexion totale qui réfléchit la fraction restante du rayon parallèlement à l'axe 12, comme on l'a illustré en  $R_r$  sur la figure 3.

Dans cette forme de réalisation, étant donné que chacun des rayons du faisceau se réfléchit deux fois sur la surface sensible 18 avant d'être renvoyé vers la fibre optique, l'effet de discrimination des différentes phases est amplifié.

Dans le cas de l'application à la discrimination des différentes phases d'un fluide contenant du pétrole liquide, de l'eau et du gaz et en utilisant un bloc détecteur 10 en saphir, on est amené à donner à l'angle  $\theta_i$  une valeur comprise entre  $49^\circ$  et  $58^\circ$ , par exemple de  $52^\circ$ . Cela conduit à donner aux angles  $\theta_1$  et  $\theta_2$  formés respectivement par la zone sensible 18 et la zone 20 à réflexion totale avec l'axe 12 des valeurs de  $52^\circ$  et  $7^\circ$ .

Le fonctionnement d'un appareil équipé d'un bloc détecteur 10 tel qu'illustré sur la figure 3 est par ailleurs analogue à celui des blocs détecteurs illustrés sur les figures 1 et 2, lorsqu'un faisceau

lumineux incident d'ouverture non nulle est injecté par la fibre optique à l'extrémité de laquelle est monté le bloc.

5 Sur la figure 5, on a représenté schématiquement un appareil de discrimination optique conforme à l'invention. Plus précisément, cet appareil est conçu pour fournir directement une mesure de la fraction de pétrole présente dans le liquide qui s'écoule dans un puits pétrolier 22.

10 L'appareil de la figure 5 comprend un bloc détecteur 10 placé dans le fluide triphasique en mouvement qui s'écoule dans le puits pétrolier 22. Ce fluide contient de l'eau 24 dans laquelle se trouvent des bulles de pétrole 26 et des bulles de gaz 28.

15 Le bloc détecteur 10 est réalisé par exemple conformément à l'une ou l'autre des formes de réalisation décrites précédemment en se référant aux figures 1 à 3. Ses dimensions sont volontairement exagérées sur la figure 5.

20 En plus du bloc détecteur 10, l'appareil de la figure 5 comprend d'une part des moyens pour injecter le faisceau lumineux incident dans le bloc détecteur 10 et, d'autre part, des moyens pour mesurer la fraction du faisceau incident réfléchi par les zones 18 et 20 du bloc 10.

25 Les moyens pour injecter le faisceau lumineux incident dans le bloc détecteur 10 comprennent une source de lumière constituée par une diode électroluminescente 30, ainsi que la fibre optique 14.  
30 On a aussi représenté sur la figure 5 la source de courant 32 qui assure l'alimentation électrique de la diode électroluminescente 30.

Un coupleur optique 34 est placé sur la fibre optique 14, de façon à permettre le raccordement de celle-ci à une photodiode 36, par l'intermédiaire d'une deuxième fibre optique 38. Plus précisément, le  
5 raccordement de la fibre optique 38 sur la fibre optique 14 par le coupleur 34 est réalisé de telle sorte que la fraction du faisceau lumineux incident réfléchi sur les zones 18 et 20 du bloc détecteur 10 soit dirigée en totalité vers la photodiode 36. Cette  
10 dernière constitue un moyen permettant de transformer la fraction réfléchi précitée en un signal électrique dont le niveau est représentatif de cette fraction.

Le signal électrique issu de la photodiode 36 traverse un amplificateur 40 avant d'être transmis,  
15 d'une part, à un premier comparateur 42 et, d'autre part, à un deuxième comparateur 44, montés en parallèle.

Le signal électrique issu de l'amplificateur 40 constitue un signal analogique S  
20 dont l'allure est illustrée, à titre d'exemple, sur la figure 6. On voit en particulier sur cette figure que le signal S évolue, en fonction du temps  $t$ , selon la nature de la phase du fluide en contact avec la zone sensible 18 du bloc détecteur 10. Ainsi, ce signal  
25 prend une valeur  $V_0$  relativement faible en présence de pétrole 26, une valeur  $V_1$  relativement élevée en présence de gaz 28 et une valeur moyenne  $V_m$  en présence d'eau 24.

Le premier comparateur 42 permet de  
30 transformer le signal analogique S en un signal binaire apte à prendre deux valeurs distinctes, "0" et "1", selon que la valeur du signal S est supérieure ou inférieure à un premier seuil  $S_1$ . Plus précisément, on

donne à ce seuil S1 une valeur intermédiaire entre la valeur Vo relativement faible et la valeur moyenne Vm. Ce premier comparateur 42 a donc pour fonction de distinguer la phase liquide d'indice le plus élevé  
5 (pétrole 26) dans l'écoulement.

Le deuxième comparateur 44 compare le signal analogique S à un deuxième seuil S2, dont la valeur est intermédiaire entre la valeur moyenne Vm et la valeur V1 relativement élevée du signal S. Ainsi, le  
10 deuxième comparateur 44 transforme également le signal analogique S en un signal binaire apte à prendre deux valeurs distinctes, "0" et "1", selon que la valeur du signal S est supérieure ou inférieure au deuxième seuil S2. Ce deuxième comparateur 44 permet donc de  
15 distinguer la phase gazeuse (sortie "0") des phases liquides (sortie "1").

Le signal de sortie du deuxième comparateur 44 est utilisé pour commander un commutateur 48 placé à la sortie du premier comparateur 42. Ainsi, ce  
20 commutateur 48 est ouvert par le comparateur 44 (sortie "0") lorsque le signal S est supérieur au deuxième seuil S2 (c'est-à-dire en présence de la phase gazeuse) et fermé par le comparateur 44 (sortie "1") lorsque le signal S est inférieur au deuxième seuil S2.

La présence du deuxième comparateur 44 associé au commutateur 48 permet au premier comparateur 42 de ne délivrer un signal que lorsque la zone sensible du bloc détecteur se trouve en présence d'une phase liquide. On obtient ainsi, à la sortie du  
30 commutateur 48, un signal de sortie représentatif du produit des signaux binaires issus des deux premiers comparateurs 42 et 44. La valeur de ce signal de sortie est donc directement représentatif de la proportion



relative des deux phases liquides contenues dans le fluide, quelle que soit la fraction de gaz présente dans ce dernier.

Afin de calculer directement la fraction de pétrole contenue dans les phases liquides du fluide, on place un circuit RC 50 sur la ligne de sortie du premier comparateur 42, en plus du commutateur 48. En étalant la mesure sur une période de temps suffisamment longue, on obtient ainsi, avec une bonne précision, un signal qui représente directement la fraction de pétrole présente dans le liquide qui s'échappe du réservoir.

Dans l'application au domaine pétrolier, il est à noter qu'une telle mesure peut être effectuée aussi bien lors d'une phase d'essais de production que lors de l'exploitation de ce gisement. Selon le cas, la mesure peut être effectuée dans le puits ou en surface. Etant donné que la mesure effectuée par le bloc détecteur est une mesure locale, on peut placer plusieurs détecteurs à des distances différentes de l'axe du puits, et à des azimuts différents, pour obtenir une image volumique des phases de l'effluent.

De façon plus générale, l'invention permet d'évaluer la quantité relative des trois phases en présence dans un fluide triphasique quelconque comportant deux phases d'indices de réfraction relativement proches et une troisième phase d'indice de réfraction sensiblement inférieur.

## REVENDICATIONS

1. Procédé de discrimination optique de phases dans un fluide multiphasique en mouvement
- 5 pouvant contenir une première et une deuxième phases d'indices de réfraction ( $n_1$ ,  $n_2$ ) voisins et une troisième phase d'indice de réfraction ( $n_3$ ) sensiblement différent, caractérisé par le fait qu'il consiste à :
- 10 - placer dans le fluide une zone sensible (18) d'un bloc détecteur (10) en un matériau d'indice de réfraction supérieur à ceux des trois phases du fluide ; et
- injecter dans le bloc (10) un faisceau lumineux
- 15 incident, d'ouverture telle que la fraction réfléchie par la zone sensible (18) soit respectivement forte, moyenne ou faible, selon la phase en contact avec la zone sensible (18).
2. Procédé de discrimination optique de phases dans un fluide multiphasique en mouvement,
- 20 pouvant contenir de l'eau, du pétrole et du gaz, d'indices de réfraction respectifs voisins de 1,33, de 1,5 et de 1, caractérisé par le fait qu'il consiste à :
- placer dans le fluide une zone sensible (18) d'un
- 25 bloc détecteur (10) en un matériau d'indice de réfraction ( $n_0$ ) supérieur à 1,5 ; et
- injecter dans le bloc (10) un faisceau lumineux incident, d'ouverture telle que la fraction réfléchie par la zone sensible (18) soit respectivement forte,
- 30 moyenne ou faible, selon la phase en contact avec la zone sensible (18).
3. Procédé de discrimination optique de phases dans un fluide multiphasique en mouvement,

pouvant contenir une première et une deuxième phases d'indices de réfraction ( $n_1, n_2$ ) voisins et une troisième phase d'indice de réfraction ( $n_3$ ) sensiblement différent, les indices de réfraction ( $n_1, n_2, n_3$ ) diminuant de la première à la troisième phases, caractérisé par le fait qu'il consiste à :

- placer dans le fluide une zone sensible et une zone à réflexion totale voisines et coaxiales d'un bloc détecteur en un matériau d'indice de réfraction supérieur à ceux des trois phases du fluide, la zone sensible et la zone à réflexion totale formant respectivement un premier et un deuxième angles ( $\theta_1, \theta_2$ ) avec leur axe commun ;
  - injecter dans le bloc un faisceau lumineux incident, d'ouverture non nulle, centré sur ledit axe commun, le premier et le deuxième angles ( $\theta_1, \theta_2$ ) étant tels que des rayons de ce faisceau, initialement parallèles à l'axe commun, aient au moins une incidence sur la zone sensible selon un angle d'incidence ( $\theta_i$ ) intermédiaire entre deux angles de réflexion limite du matériau, définis respectivement en présence de la première et de la deuxième phases du fluide, et soient réfléchis au moins une fois par la zone à réflexion totale, pour revenir en sens inverse parallèlement audit axe commun; et
- mesurer une fraction du faisceau incident réfléchi par lesdites zones, la mesure d'une fraction réfléchie relativement élevée, moyenne et relativement faible du faisceau incident indiquant respectivement la présence de la troisième phase, de la deuxième phase et de la première phase du fluide, sur la zone sensible (18) du bloc détecteur (10).

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait qu'on compare une fraction réfléchie mesurée à un premier seuil intermédiaire entre des fractions réfléchies moyenne et relativement faible, pour émettre en continu un premier signal binaire représentatif de la première phase ; on compare la fraction réfléchie mesurée à un deuxième seuil, intermédiaire entre des fractions réfléchies relativement élevée et moyenne, pour émettre en continu un deuxième signal binaire dont le niveau zéro est représentatif de la troisième phase ; et on calcule la valeur moyenne du produit des premier et deuxième signaux binaires représentative de la proportion de la première phase dans les première et deuxième phases.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé par le fait qu'on injecte dans le bloc détecteur (10) un faisceau lumineux incident d'ouverture non nulle en raccordant le bloc détecteur sur une fibre optique présentant une ouverture numérique non nulle.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé par le fait qu'on choisit le matériau du bloc détecteur (10) dans un groupe comprenant le diamant et le saphir.

7. Procédé selon la revendication 6, appliqué à la discrimination de gaz, d'eau et de pétrole dans un fluide, caractérisé par le fait qu'on utilise un bloc détecteur (10) en diamant, comprenant une zone sensible centrale (18) et une zone (20) à réflexion totale périphérique qui forment respectivement avec leur axe commun un premier angle ( $\theta_1$ ) et un deuxième angle ( $\theta_2$ ) tels que la fraction réfléchie du faisceau incident ait subi une seule

réflexion sur la zone sensible et une seule réflexion sur la zone à réflexion totale.

8. Procédé selon la revendication 6, appliqué à la discrimination de gaz, d'eau et de pétrole dans un fluide, caractérisé par le fait qu'on utilise un bloc détecteur (10) en diamant, comprenant une zone zone sensible centrale (18) et une zone (20) à réflexion totale périphérique qui forment respectivement avec leur axe commun un premier angle ( $\theta_1$ ) et un deuxième angle ( $\theta_2$ ) tels que la fraction réfléchie du faisceau incident ait subi une seule réflexion sur la zone à réflexion totale et deux réflexions sur la zone sensible.

9. Procédé selon la revendication 6, appliqué à la discrimination de gaz, d'eau et de pétrole dans un fluide, caractérisé par le fait qu'on utilise un bloc détecteur (10) en saphir, comprenant une zone sensible centrale (18) et une zone (20) à réflexion totale périphérique qui forment respectivement avec leur axe commun un premier angle ( $\theta_1$ ) et un deuxième angle ( $\theta_2$ ) tels que la fraction réfléchie du faisceau incident ait subi deux réflexions sur la zone à réflexion totale et deux réflexions sur la zone sensible.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'on utilise un bloc détecteur (10) dont la zone sensible (18) présente un diamètre maximal au plus égal à une dimension minimale de bulles formées par les différentes phases du fluide.

11. Appareil de discrimination optique de phases dans un fluide multiphasique en mouvement, pouvant contenir une première et une deuxième phases

d'indices de réfraction ( $n_1, n_2$ ) voisins et une troisième phase d'indice de réfraction ( $n_3$ ) sensiblement différent, les indices de réfraction ( $n_1, n_2, n_3$ ) diminuant de la première à la troisième phases, caractérisé par le fait qu'il comprend :

- un bloc détecteur (10) en un matériau d'indice de réfraction ( $n_0$ ) supérieur à ceux des trois phases du fluide, comportant une zone sensible (18) ; et
- des moyens (30,14) pour injecter dans le bloc détecteur (10) un faisceau lumineux incident, d'ouverture telle que la fraction par la zone sensible (18) soit respectivement forte, moyenne ou faible, selon la phase en contact avec la zone sensible.

12. Appareil de discrimination optique de phases dans un fluide multiphasique en mouvement, pouvant contenir de l'eau, du pétrole et du gaz, d'indices de réfraction respectifs voisins de 1,33, de 1,5 et de 1, caractérisé par le fait qu'il comprend :

- un bloc détecteur (10) en un matériau d'indice de réfraction ( $n_0$ ) supérieur à 1,5, comportant une zone sensible (18) ; et
- des moyens (30,14) pour injecter dans le bloc détecteur (10) un faisceau lumineux incident, d'ouverture telle que la fraction réfléchiée par la zone sensible (18) soit respectivement forte, moyenne ou faible, selon la phase en contact avec la zone sensible.

13. Appareil de discrimination optique de phases dans un fluide multiphasique en mouvement pouvant contenir une première et une deuxième phases d'indices de réfraction ( $n_1, n_2$ ) voisins et une troisième phase d'indice de réfraction ( $n_3$ )

sensiblement différent, caractérisé par le fait qu'il comprend :

- 5 - un bloc détecteur (10) en un matériau d'indice de réfraction ( $n_0$ ) supérieur à ceux des trois phases du fluide, comportant une zone sensible (18) et une zone (20) à réflexion totale voisines et coaxiales, formant respectivement un premier et un deuxième angles ( $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ) avec leur axe commun ;
- 10 - des moyens (30,14) pour injecter dans le bloc détecteur (10) un faisceau lumineux incident, d'ouverture non nulle, centré sur ledit axe commun, le premier et le deuxième angles ( $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ) étant tels que des rayons de ce faisceau, initialement parallèles à l'axe commun, aient au moins une incidence sur la zone sensible (18) selon un angle  
15 d'incidence ( $\theta_i$ ) intermédiaire entre deux angles de réflexion limite du matériau, définis respectivement en présence de la première et de la deuxième phase du fluide, et soient réfléchis au moins une fois par la zone (20) à réflexion totale, pour revenir en sens  
20 inverse parallèlement audit axe commun ; et
- 25 - des moyens (36,42,44) pour mesurer une fraction du faisceau incident réfléchi par lesdites zones, la fraction réfléchi mesurée étant respectivement forte, moyenne ou faible, selon que la zone sensible (18) du bloc détecteur est respectivement en contact avec la troisième phase, la deuxième phase ou la première phase du fluide.

30 14. Appareil selon la revendication 13, caractérisé par le fait que les moyens pour mesurer la fraction réfléchi du faisceau incident comprennent un moyen (36) pour transformer cette fraction réfléchi en

un signal électrique ; un premier comparateur (42) pour comparer le signal électrique à un premier seuil (S1) intermédiaire entre les signaux émis en présence de la première et deuxième phases et émettre en continu, au travers d'un commutateur (48), un premier signal binaire représentatif de la première phase ; et un deuxième comparateur (44) pour comparer le signal électrique à un deuxième seuil (S2), intermédiaire entre un signal émis en présence de la troisième phase et les signaux émis en présence de la première et la deuxième phases, et émettre en continu un deuxième signal binaire commandant le commutateur (48) et dont le niveau zéro est représentatif de la troisième phase.

15. Appareil selon l'une quelconque des revendications 13 et 14, caractérisé par le fait que les moyens pour injecter un faisceau lumineux incident dans le bloc détecteur comprennent une source de lumière (30) et une fibre optique (14) d'ouverture numérique non nulle, reliant la source de lumière (30) au bloc détecteur (10).

16. Appareil selon les revendications 14 et 15 combinées, caractérisé par le fait que la fibre optique (14) comporte un coupleur (34) sur lequel est raccordé une deuxième fibre optique (38) menant au moyen (36) pour transformer la fraction réfléchie en un signal électrique.

17. Appareil selon l'une quelconque des revendications 14 à 16, caractérisé par le fait que le bloc détecteur (10) est en un matériau choisi dans un groupe comprenant le diamant et le saphir.

18. Appareil selon la revendication 17, caractérisé par le fait que le bloc détecteur (10) est en diamant, et comprend une zone sensible centrale (18)



et une zone (20) à réflexion totale périphérique, le premier et le deuxième angles ( $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ) étant tels que la fraction réfléchie du faisceau incident ait subi deux réflexions sur la zone sensible et une seule  
5 réflexion sur la zone à réflexion totale.

19. Appareil selon la revendication 17, caractérisé par le fait que le bloc détecteur (10) est en diamant, et comprend une zone sensible centrale (18) et une zone (20) à réflexion totale périphérique, le  
10 premier et le deuxième angles ( $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ) étant tels que la fraction réfléchie du faisceau incident ait subi une seule réflexion sur la zone sensible et une seule réflexion sur la zone à réflexion totale.

20. Appareil selon la revendication 17, caractérisé par le fait que le bloc détecteur (10) est en saphir, et comprend une zone sensible centrale (18) et une zone (20) à réflexion totale, le premier et le  
15 deuxième angles ( $\theta_1$ ,  $\theta_2$ ) étant tels que la fraction réfléchie du faisceau incident ait subi deux réflexions  
20 sur la zone sensible et deux réflexions sur la zone à réflexion totale.

1/4

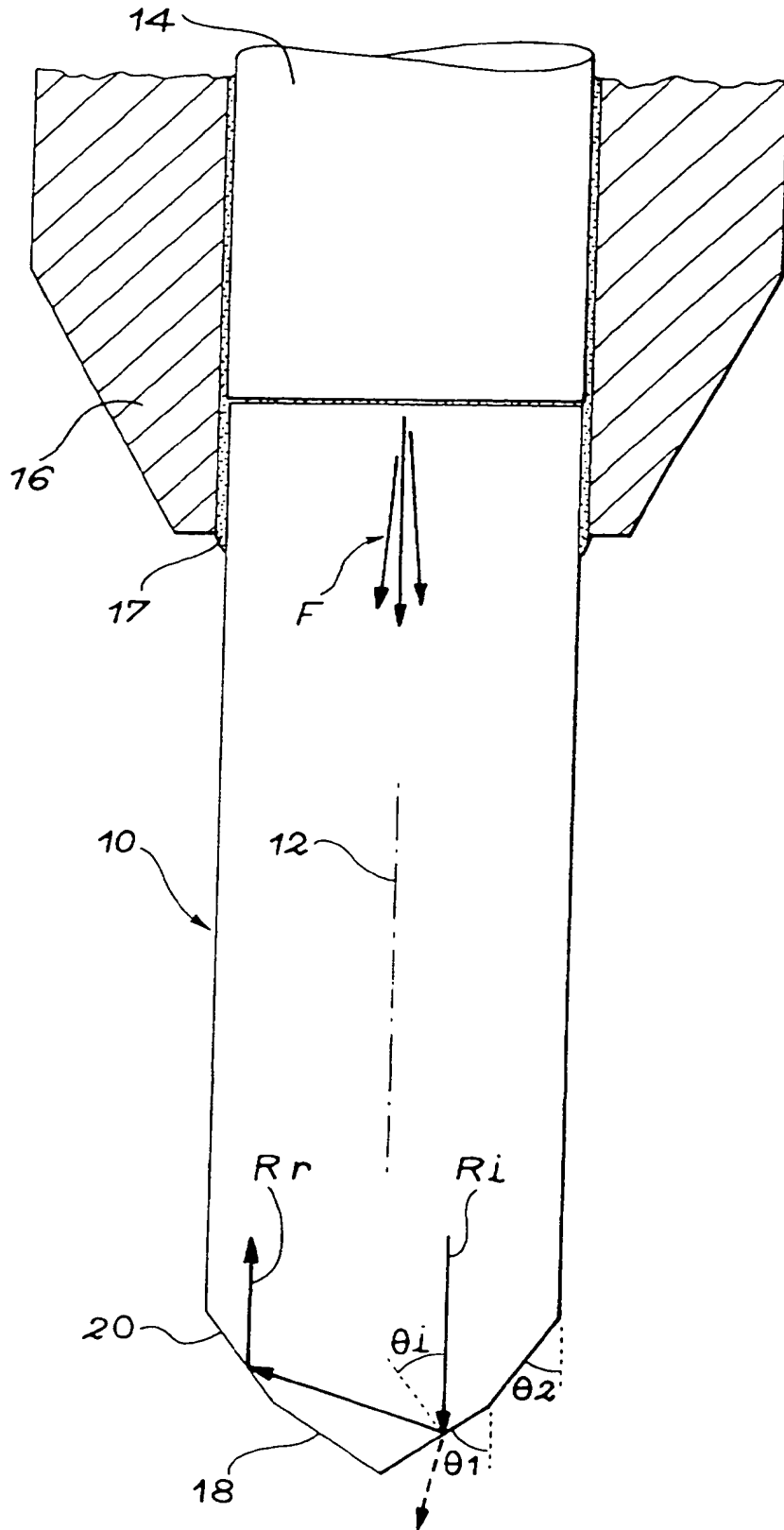
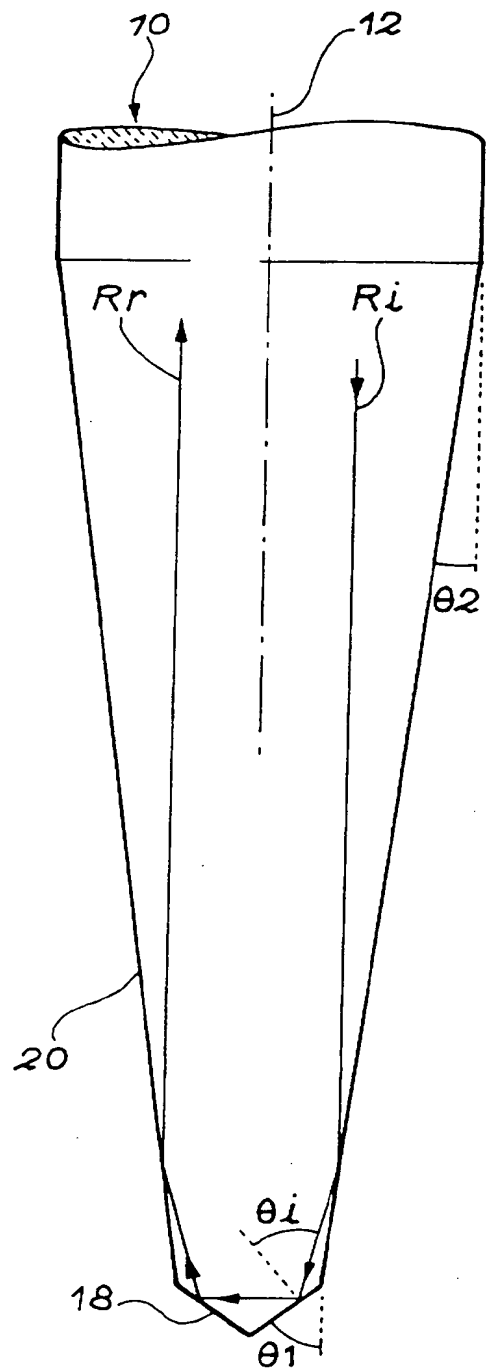
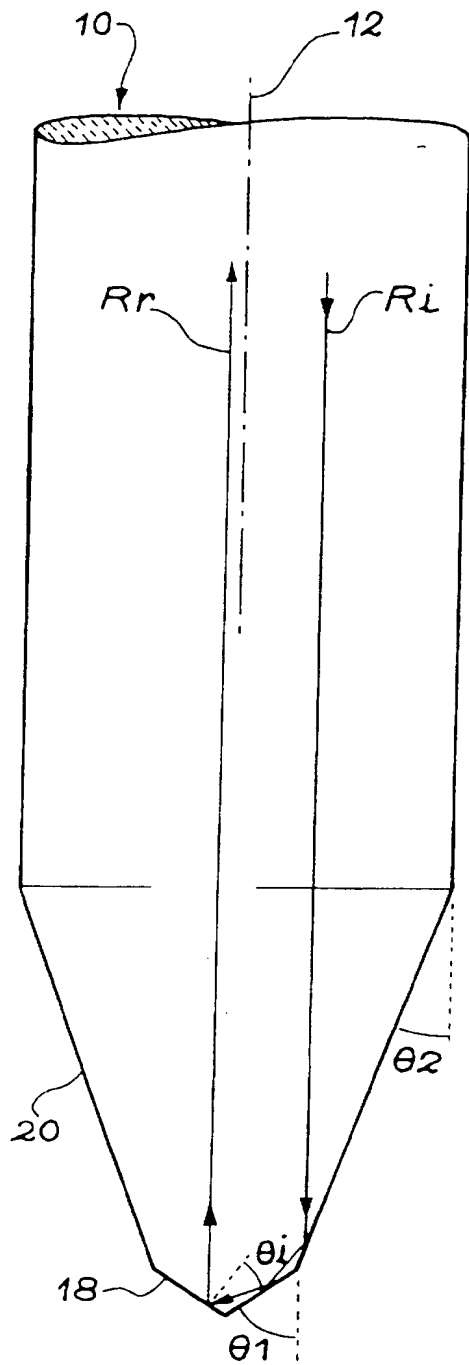
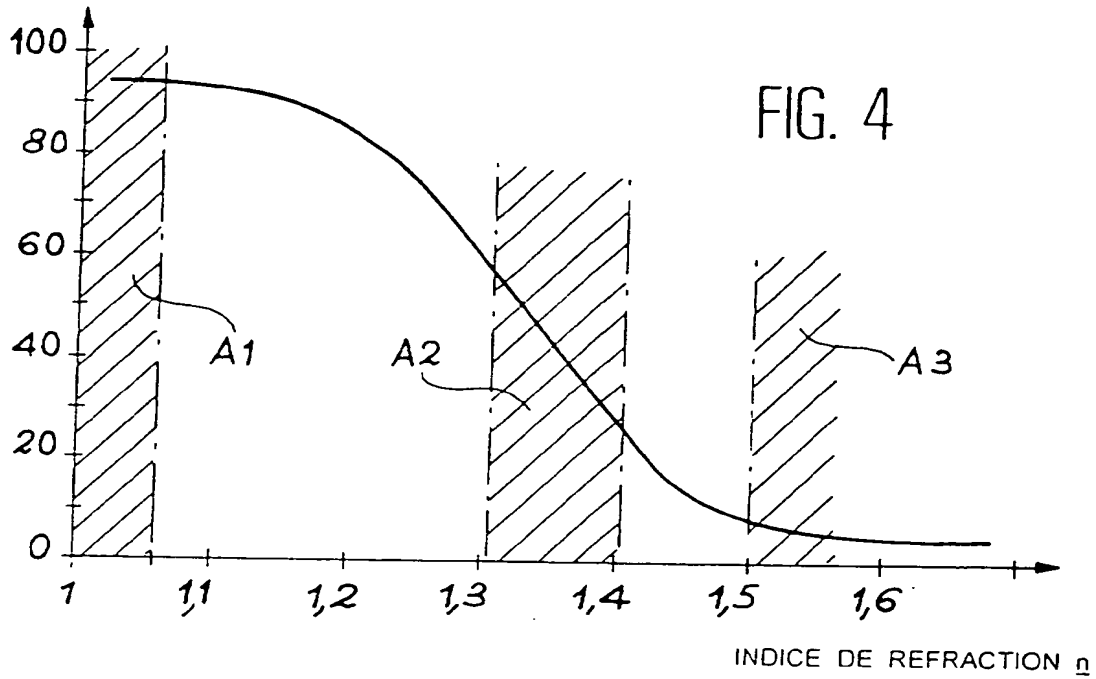


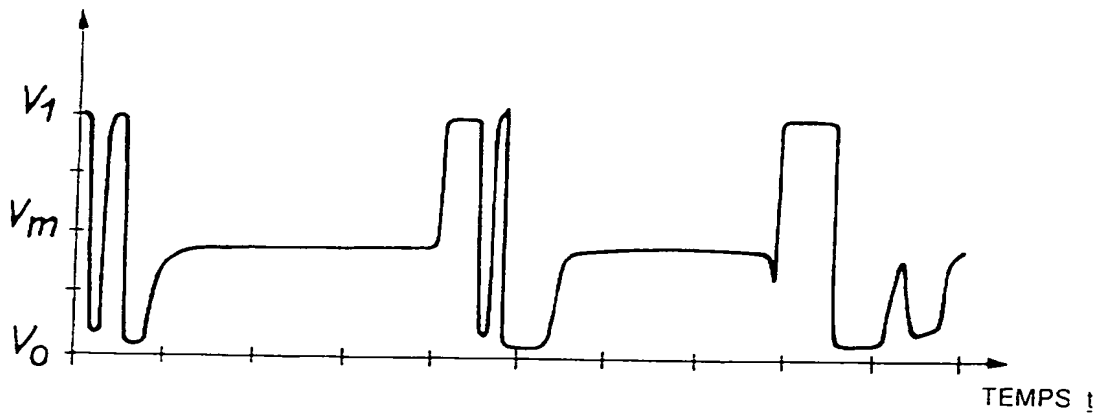
FIG. 1



FRACTION REFLECHIE (%)



SIGNAL ANALOGIQUE S



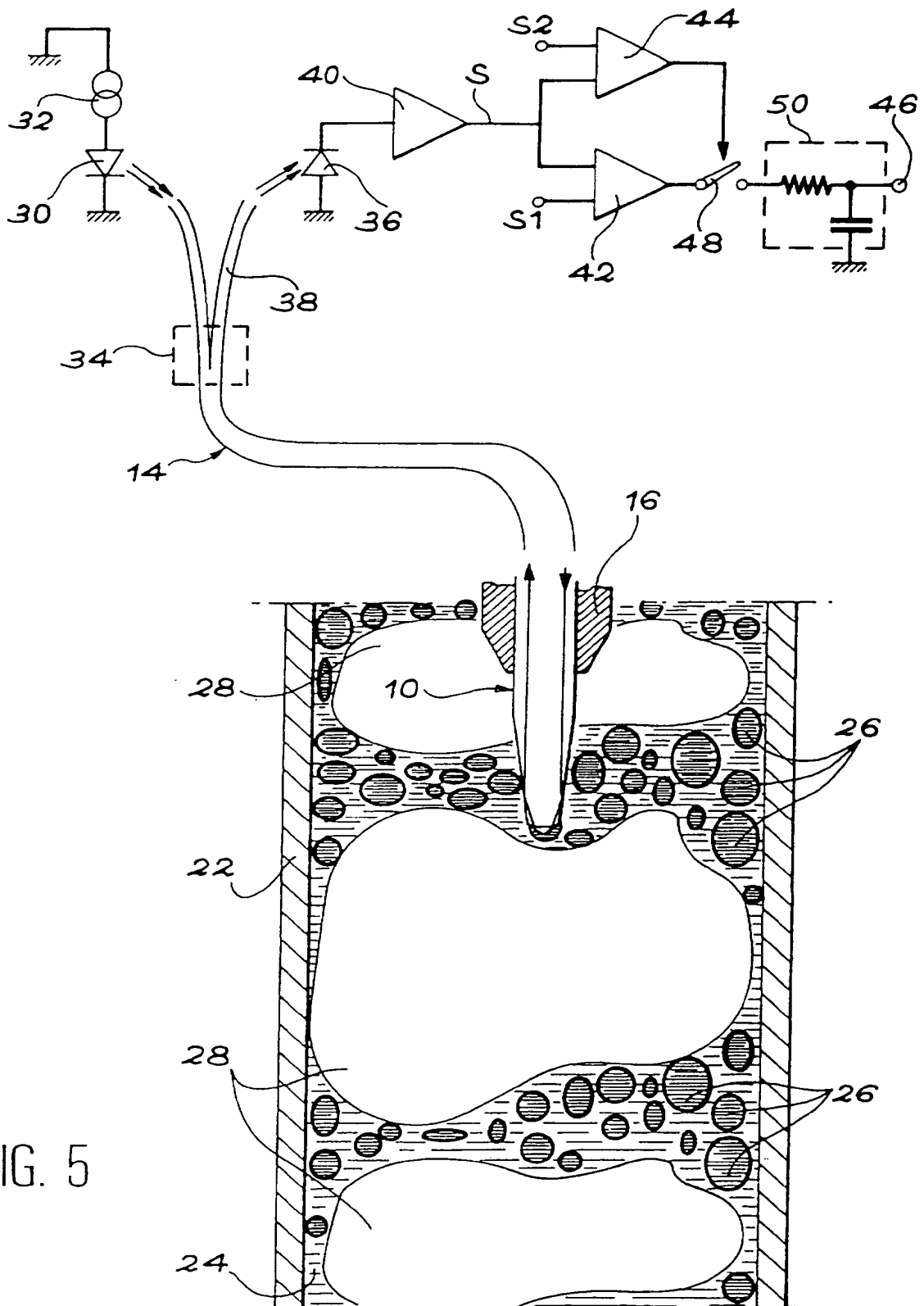


FIG. 5

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 528640  
FR 9606361

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 403 (P-929), 7 Septembre 1989 & JP 01 145550 A (TOKYO TATSUNO CO LTD), 7 Juin 1989, * abrégé *	1,11
A	---	2,12
A	GB 2 292 216 A (SCHLUMBERGER LTD) 14 Février 1996 * page 1, alinéa 1 * * page 8, alinéa 2 - alinéa 3 * * page 25, alinéa 4 * * revendications 1,17,18; figure 6A *	1-3, 11-13
A	---	10
A	EP 0 394 085 A (SCHLUMBERGER PROSPECTION ;SCHLUMBERGER LTD (US); SCHLUMBERGER TECH) 24 Octobre 1990 * revendications 1,8 *	16
A	EP 0 194 732 A (NEDERLANDSE ORG TOEGEPAST) 17 Septembre 1986 * colonne 3, ligne 6 - ligne 17 * * figure 1 * -----	16
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
		G01N
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
29 Janvier 1997		Krametz, E
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul                      Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un                      autre document de la même catégorie                      A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication                      ou arrière-plan technologique général                      O : divulgation non-écrite                      P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention                      E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure                      à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date                      de dépôt ou qu'à une date postérieure.                      D : cité dans la demande                      L : cité pour d'autres raisons</p> <p>-----                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1  
EPO FORM 150 01.82 (P)(MCL)